

ガラス転移とジャミング転移の統一的研究：力学物性とレオロジー

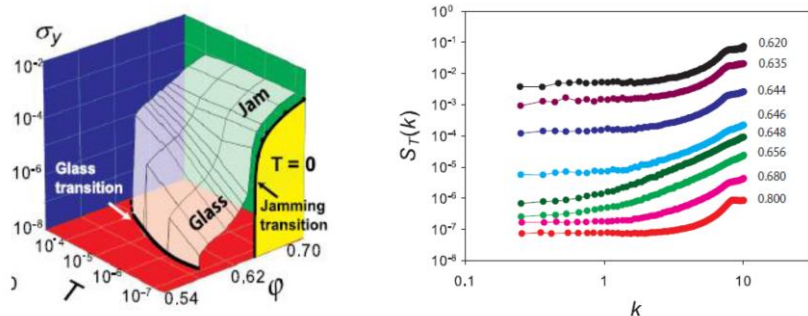
(京大福井センター) 池田 昌司

【はじめに】コロイド分散系・エマルション・泡・粉体など、我々の身の回りには「たくさんの粒子からなる系」が無数にある。これらの粒子系はすべからず、低密度では容易に流動するが、高密度では乱雑な配置のまま流動できなくなってしまう。コロイド分散系などの粒子が熱運動する系では、この転移はガラス転移と呼ばれる。一方、粉体などの非熱的な系では、この転移はジャミング転移と呼ばれる。本講演ではこれらの転移に関する最近の研究成果について述べる。まず、この二つの転移を統一的研究し両者の関係を明確にすることを旨とした研究について述べる(1,2)。その後、これらのランダムな固体の示す異常な力学物性に関する研究について述べる(3,4)。

【結果と考察】ランジュバン方程式に従う $v(r) = (1-r/a)^2$ で相互作用する粒子系を考える。この系は有限温度ではガラス転移を起こすコロイド分散系のモデルになる一方、温度ゼロではジャミング転移を起こす泡のモデルになる。本研究ではまず、このモデルのレオロジーを様々な温度でシミュレーションにより測定し、その相図を決定した(図左)。その結果、ガラス転移による固体とジャミング転移による固体が明確に区別できること、そしてその間にクロスオーバーがあり、降伏応力が鋭く変化することがわかった。次にこのクロスオーバーを特徴付けるために、この系の振動物性・力学物性を調べた。具体的には、ガラス相やジャミング相における熱振動のシミュレーションを行い、粒子の変位の空間相関を測定した。図右に横変位の相関関数を示す。この関数は剛性率の有限波数への拡張とも考えられ、 $k \rightarrow 0$ での値がバルクの剛性率の逆数に対応する。まず $k \rightarrow 0$ での振舞いから、剛性率がクロスオーバー近傍で鋭く変化することがわかる。これは降伏応力の鋭い変化に対応している。さらに有限波数に注目すると、剛性率がバルクの値に収束する特徴的な波数 k^* が定義でき、 k^* がクロスオーバー近傍で消失することがわかる。講演ではこれらの結果の意味について、詳しく議論する。

【参考文献】

- (1) A. Ikeda, L. Berthier, P. Sollich, Phys. Rev. Lett. 109, 018301 (2012).
- (2) A. Ikeda, L. Berthier, P. Sollich, Soft Matter 9, 7669 (2013).
- (3) A. Ikeda, L. Berthier, G. Biroli, J. Chem. Phys. 138, 12A507 (2013).
- (4) A. Ikeda, L. Berthier, to be submitted.



図：(左) シミュレーションで得たガラス転移とジャミング転移の統一相図。白い部分が固体相を表す。(右) ガラス-ジャミングクロスオーバー近傍の固体における横変位の相関関数。